

# INTERPRETAÇÃO DA LINGUAGEM E ESTRUTURAÇÃO DOS MODELOS MENTAIS COMO FORMA DE SE APRENDER FÍSICA

Henrique Cesar Estevan Ballesterio, Sergio de Mello Arruda, Marinez Meneghello Passos

*Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática.*

– com apoio da Capes; Sênior do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PECEM)

– com o apoio do CNPq; Sênior do PECEM

– com o apoio da Fundação Araucária, Universidade Estadual de Londrina (UEL)

**RESUMO:** Este trabalho utiliza dados de um dos estudantes matriculados em um curso de Introdução à Mecânica Clássica, realizado em uma universidade pública do estado do Paraná – Brasil – no sentido de investigarmos o processo de aprendizagem da linguagem física. Os dados consistiram de diálogos gravados durante a correção dos problemas propostos pelo professor em suas aulas. Da análise dos dados podemos concluir que foram verificados modelos mentais, elaborados pelo estudante ao longo das resoluções de problemas, que não correspondiam aos modelos físicos específicos tendo como base a teoria da Mecânica Clássica, ou seja, ele apresentou dificuldades em estabelecer as correspondências (vinculações) entre as grandezas encontradas na linguagem física com as situações existentes no mundo real. Concluímos que seu posicionamento deficitário como intérprete da linguagem física comprometeu a elaboração de seus modelos mentais para uma efetiva aprendizagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aprendizado da linguagem física. Modelos mentais. Resolução de problemas.

**OBJETIVOS:** Analisar o aprendizado em Física, por meio da interpretação de sua linguagem, vinculando-a com a elaboração dos modelos mentais.

## INTRODUÇÃO

Os resultados que trazemos neste artigo são oriundos de uma investigação desenvolvida no âmbito de um programa de pesquisa que visa compreender o aprendizado da linguagem física. Os dados foram coletados durante a realização de uma disciplina de Introdução à Mecânica Clássica em um programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática em uma universidade pública do estado do Paraná – Brasil – ao longo de um semestre letivo. Os dados estão sendo analisados gradativamente desde 2009 e os resultados publicados por meio de diversos artigos, sendo este o quarto deles.

Para o presente artigo apresentamos nossas análises a respeito do discente A3. De antemão indicamos que foi possível constatar algumas divergências em seus *modelos mentais* (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 407), se comparados aos modelos físicos (COSTA; MOREIRA, 2001, p. 266 e GRE-

CA; MOREIRA, 2002, p. 107) propostos para os problemas. Tais diferenças remetem a seu baixo nível de *interpretação* (KUHN, 2003, p. 81) das situações envolvidas nos problemas.

## RESOLVENDO PROBLEMAS

Considerando o que nos apresenta Moreira<sup>1</sup> (2011), a questão de pesquisa que norteou o desenvolvimento desta investigação foi a seguinte: A atuação de um estudante como um intérprete no aprendizado da linguagem física favorece a elaboração de modelos mentais condizentes com as situações envolvidas nos problemas?

Thomas Kuhn (2006) concebe os problemas como instrumentos de aprendizagem que possuem situações *exemplares*: soluções *concretas* encontradas nos livros utilizados nessa *educação científica* (p. 234). Ele também argumenta que o aprendizado da linguagem é *interpretativo e hermenêutico* (KUHN, 2003, p. 75) e esclarece que o intérprete *busca* o sentido da palavra, esforçando-se a fim de expor hipóteses, tentando “[...] descrever os referentes do termo [...]” (KUHN, 2003, p. 54).

Isso nos leva a considerar que o processo de interpretação do aprendiz é aquele em que ele próprio encontra o uso correto dos signos apreendidos (KUHN, 2006, p. 61), já que a linguagem é como se fosse uma *moeda* e, como toda moeda, possui duas faces. Uma delas voltada para o *mundo* de objetos físicos e, a outra, voltada para dentro, para a *estrutura referencial da linguagem* (KUHN, 2003, p. 43).

Diante disso, assumimos que o aprendizado em Física requer que um considerável vocabulário – rico o suficiente – esteja contido na estrutura cognitiva dos aprendizes para que possam “[...] fazer a referência a objetos físicos e suas localidades no espaço e no tempo” assim como “[...] um vocabulário matemático rico o suficiente [...]” (KUHN, 2003, p. 86) que permita que se descrevam, de forma quantitativa, as trajetórias e se faça a análise das velocidades e acelerações dos corpos que se movem.

O autor também destaca que, com a resolução de problemas, o aluno passará a analisar os problemas que surgirão para serem resolvidos como se fossem problemas conhecidos, como situações-problema que o estudante já *encontrou antes* (KUHN, 2006, p. 236). Assim, a aprendizagem que resulta desse processo não é de palavras soltas, mas sim sobre o *mundo* no qual podem ser utilizadas (KUHN, 2003, p. 87), uma vez que solucionar problemas equivale ao aprendizado de uma *linguagem* (KUHN, 2003, p. 209).

Na seção seguinte abordaremos a composição das representações mentais elaboradas durante o aprendizado dos discentes, discutindo os *modelos mentais* de Johnson-Laird (1983).

## OS MODELOS MENTAIS DE JOHNSON-LAIRD

Um modelo mental pode ser entendido como uma *representação interna*, mas análoga às *situações* ou processos que ocorrem no *mundo físico* (GRECA; MOREIRA, 2002, p. 108), já que nós não captamos o mundo de maneira direta, mas sim por meio das representações internas (modelos mentais) que dele elaboramos (GRECA; MOREIRA, 2002, p. 109). Tais representações contam com *proposições, produções e esquemas* contidos no conhecimento do ser em questão, ou seja, em sua *estrutura de memória*, estrutura essa responsável por tais elaborações (COSTA; MOREIRA, 2001, p. 266).

As representações proposicionais são do *tipo-linguagem*. Nelas se tem a captação de conceitos da situação. Um bom exemplo, nesse caso, pode ser o de uma *fórmula matemática* (MOREIRA, 2011, p. 190).

1. Gostaríamos de agradecer ao prof. Marco Antônio Moreira por contribuir para acessarmos alguns referenciais utilizados neste trabalho.

Sendo assim, podemos entender que os modelos mentais equivalem a representações internas elaboradas por cada indivíduo, não possuindo tanta consistência e precisão, mas sim tendo a funcionalidade necessária para quem os cria (COSTA; MOREIRA, 2001, p. 266).

Entretanto, Johnson-Laird (1983) propõe que os modelos mentais são representações que podem ser elaboradas quando o sujeito se baseia em *proposições* expressas nas palavras de um *discurso* (p. 407), ou, ainda, quando se utiliza de uma estrutura analógica dependente da representação direta da estrutura que corresponde ao mundo (p. 156). Sendo assim, “[...] *as imagens correspondem a pontos de vista nos modelos*” (p. 157).

As *representações mentais*, então, se enquadram em *imagens, proposições ou modelos mentais* e essas “[...] *representações proposicionais são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural*” (MOREIRA, 2011, p. 195). Dessa forma, os modelos mentais, ainda que não possuam uma *estrutura sintática* que possa ser escolhida, desempenham o papel de analogias que correspondem ao mundo como ele é percebido (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 156).

Em relação aos modelos mentais cabem alguns esclarecimentos: ainda que possam ser analógicos e concretos, eles também podem representar um *estado de coisas* ou uma *sequência de eventos* (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 397). Assim como nas *representações* existentes nas diversas línguas, uma representação mental também é indeterminada. Não existem considerações lógicas ou analógicas para as escolhas dos modelos (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 209). Entretanto, podemos citar que a segunda lei de Newton, que conhecemos como uma proposição como esta: “A força atuante em um corpo produz uma aceleração na mesma direção que ela, mas dependente de maneira inversa da massa envolvida”, pode ser enunciada através de signos na seguinte sentença:  $\frac{F}{m} = \vec{a}$  (MOREIRA, 2011, p. 193).

Diante do exposto, constata-se que para entender um fenômeno (ou processo) em física, o sujeito deve elaborar modelos mentais que permitam-no compreender as afirmações que compõem a *estrutura semântica* da teoria envolvida, de modo que, para resolver um problema, os estudantes devem formatar modelos mentais que se adequem aos modelos físicos em questão (GRECA; MOREIRA, 2002, p. 110).

## METODOLOGIA

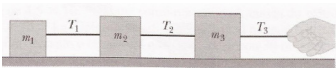
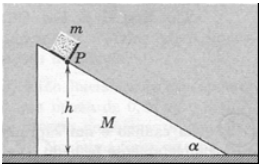
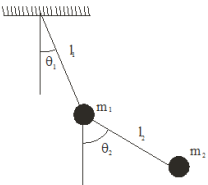
Os dados obtidos ao longo do curso de *Introdução à Mecânica Clássica*, que foi uma disciplina ofertada durante o primeiro semestre do ano de 2007 para alunos de um Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PPGECM) de uma universidade pública do estado do Paraná – Brasil – deram origem a um programa de pesquisa que visa compreender o processo de aprendizagem de linguagens científicas. Todavia, no atual estágio, estamos destinando nossa atenção ao aprendizado da linguagem física, tendo como base as obras de Kuhn (2000) e Kuhn (2003).

Consideramos para este trabalho um único sujeito de pesquisa (aluno A3) devido a nossas observações decorrentes do processo de coleta de dados – que, para este trabalho, foram feitas durante a correção dos problemas (pelo professor) no quadro negro após suas resoluções serem executadas em grupo pelos alunos – sempre feitas com gravações em vídeo. Tais alunos consentiram livremente para que utilizássemos os dados em artigos a serem publicados. No curso havia cinco alunos regulares que compuseram nossa base de dados, todavia, focamos neste momento um único ‘elemento’ dentro de nossa busca pela compreensão do processo de aprendizagem da linguagem física. Assumimos a pesquisa como estudo de caso, ou seja, algo singular, que tem um valor em si mesmo e que constitui uma unidade dentro de um sistema mais amplo, conforme definido por Lüdke e André (1986, p. 17).

## APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Julgamos ser apropriado o destaque feito no Quadro 1, a seguir, no qual se tem os principais problemas abordados no curso de Introdução à Mecânica Clássica envolvidos nos módulos de Newton e Hamilton. Com relação a esses problemas, o aluno A3 apresentou suas principais deficiências na construção das correspondências entre os modelos físicos e seus modelos mentais devido à sua deficiência no posicionamento como intérprete da linguagem física. Também estão contidas neste Quadro as considerações e argumentações do aluno A3 nos diálogos com o professor durante a correção dos problemas:

Quadro 1.  
Principais problemas abordados

| <p>PROBLEMA DOS TRÊS BLOCOS<br/>(Módulo de Newton)</p>   | <p>PROBLEMA DA CUNHA<br/>(Módulo de Newton)</p>  | <p>PROBLEMA DO PÊNDULO DUPLO<br/>(Módulo de Hamilton)</p>  |
|--|--|--|
|  <p>Fonte: Halliday et al., 2006, p. 120</p>  |  <p>Fonte: Resnick e Halliday, 1978, p. 212</p>   |  <p>Fonte: Os autores</p>   |
| <p>A3: Sabe uma pergunta que tem muito no ensino médio? Por que é que <math>T_1 + T_2</math>... A impressão que o aluno tem, e foi a primeira impressão que eu tive também, que <math>T_3</math> é uma força que vai ser dividida em <math>T_1</math> e <math>T_2</math>. Porque <math>T_1 + T_2</math> não dá <math>T_3</math>.<br/>(Resolução de problemas – módulo de Newton)</p> | <p>Professor: Alguém falou alguma coisa?<br/>A3: Eu. Bom, está certo, é o movimento que vai dar... Por que eu não posso considerar a energia do m se é sem atrito?<br/>[...]<br/>Professor: Como é que você vai, só por conservação do m, descobrir <math>v_2</math>?<br/>A3: É... A energia mecânica lá no ponto p é igual à energia mecânica aqui embaixo.<br/>Professor: Não, não é. Porque o sistema é constituído de dois... Se fosse fixo (a cunha) aí você podia, mas isso aí está móvel, é constituído de duas partes.<br/>(Resolução de problemas – módulo de Newton)</p> | <p>[...]<br/>A3: Tá, então, no caso do 2, o <math>m_1</math> não interfere no potencial dele?<br/>Professor: Não, não. O <math>m_1</math> nunca vai interferir no <math>m_2</math> na questão da energia potencial, porque não tem nada a ver, só se eu tivesse um sistema composto por várias partículas e eu perguntasse “qual é a energia potencial do sistema?”.<br/>(Resolução de problemas – módulo de Hamilton)</p> |

Na declaração do aluno A3 a respeito do problema dos três corpos, concebemos que suas representações internas, utilizadas na captação do mundo externo, continham um modelo no qual a proposição da segunda lei de Newton ( $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ ) não era utilizada, já que as entidades físicas vetoriais do sistema (trações  $\vec{T}_1$  e  $\vec{T}_2$ ) eram interpretadas como grandezas escalares. Entendemos, de acordo com sua argumentação, que 30N (horizontal para a esquerda) somado com 30N (horizontal para a esquerda) equivale a 60N (horizontal para a direita).

Suas interpretações dos problemas eram falhas. Com relação ao problema da cunha, o aluno A3 concebia a mesma, que também não possuía atrito em relação ao plano, não como um corpo livre para se mover, somente o era a massa deixada sobre ela (cunha). Devido a isso, o aluno A3 não compreendeu que a força peso, exercida sobre o bloco, comprimia também a cunha, de modo que ela também se movia. Portanto, suas representações mentais internas (modelos mentais) construídas para captarem o mundo exterior eram falhas devido a sua interpretação deficitária dos problemas.

O fato citado nas linhas anteriores confirma-se no módulo de Hamilton. Seu não posicionamento como um efetivo intérprete da linguagem física, envolvendo situações descritas nos problemas, como no caso do problema do pêndulo duplo, fez com que o aluno A3 entendesse o fato de que a junção das massas  $m_1$  e  $m_2$  por meio de uma corda implicava na mudança da energia potencial da massa  $m_2$ , mais especificamente no termo ' $y$ ' da sentença utilizada para se calcular a energia potencial ( $V$ ).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluímos este trabalho afirmando que o processo de aprendizagem do aluno A3 foi comprometido devido a sua limitação em se assumir como um intérprete da linguagem física envolvida nos problemas propostos pelo professor. Tanto nos módulos de Newton e de Hamilton verificamos divergências nos modelos mentais por ele elaborados frente aos modelos físicos envolvidos nos problemas resolvidos em sala.

Suas representações simbólicas utilizadas na tradução dos modelos físicos existentes no mundo real (ou físico), na maior parte dos casos não estavam devidamente vinculadas àquilo que é aceito na ciência física, como no caso do problema dos três blocos tratado no módulo de Newton. Para ele as forças de tração nas cordas (grandezas vetoriais) eram interpretadas como se fossem grandezas escalares.

Sua limitação no processo de interpretação da linguagem física dos problemas fez com que, no problema do pêndulo duplo no módulo de Hamilton, A3 explicitasse seu modelo mental no qual a conexão do pêndulo 2 ao pêndulo 1 fazia com que a energia potencial do pêndulo 2 fosse alterada, sem que houvesse alteração em sua altura ( $y$ ). Entendemos que tal divergência ocorreu devido a seus modelos mentais não serem análogos aos modelos físicos em questão, fazendo-o expressar inferências equivocadas na compreensão dos fenômenos estudados, já que os modelos mentais por ele elaborados não estavam de acordo com o que é cientificamente aceito, não denotando aproximações com o mundo real.

Sendo assim, afirmamos que sua não interpretação da linguagem física envolvida nos problemas tratados levou-o a não estabelecer vínculos entre as grandezas da linguagem física com as situações do mundo real.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. (2001). A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 18, n. 3, p. 263-277.
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. (2002). Mental, Physical, and Mathematical Models in the Teaching and Learning of Physics. *Science & Education*, v. 86, I. 1, p. 106-121.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. (2006). *Fundamentos de Física. Volume 1: Mecânica*. Rio de Janeiro: LTC.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1983). *Mental Models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cognitive Science Series, 6. Massachusetts: Harvard University Press.
- KUHN, T. S. (2000). On Learning Physics. *Science & Education* (Dordrecht), Amsterdam, v. 9, p. 11-19.
- (2003). *O caminho desde a estrutura*. São Paulo: Ed. da UNESP.
- (2006). *A estrutura das revoluções científicas*. 9. ed. São Paulo: Perspectiva.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. (1986). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.
- MOREIRA, M. A. (2011). *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária.
- RESNICK, R.; HALLIDAY, D. (1978). *Física. Volume I-1*. Rio de Janeiro: LTC.

